

台灣地區活動斷層的古地震研究

陳文山 楊志成 楊小青 顏一勤 陳勇全 黃能偉

國立台灣大學地質科學系

一、前言

六百萬年以來，因為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊產生碰撞，造成歐亞大陸東側大陸棚在強烈的擠壓下，隆起形成今日的台灣島。現今台灣島地形或是各種構造都呈現一個非常特殊現象，就是它們的走向都呈北東(北部地區)至南北(南部地區)的方向。例如台灣島的長軸、中央山脈、岩層、斷層與褶皺的走向都是呈如此方向的排列。為何會形成這種地形與構造的排列？這就是兩個板塊碰撞所產生的現象。菲律賓海板塊西側的火山島弧—海岸山脈就如同推土機將前方的沙土逐漸的推起。被築高的土堆就像現今的台灣島，隆起的土堆是由原來薄層的沙土呈疊瓦狀重重的堆疊在一起形成的；被堆疊形成的土堆中就有許多的斷層與褶皺構造。台灣島就像土堆一般具有許多的斷層與褶皺構造，而這些構造的走向也都與台灣島的長軸方向大致平行。

推土機的作用除了逐漸的將沙堆築高之外，還會讓土堆逐漸的加寬；也就是土堆前方的沙土會逐漸的被捲入成為土堆的一部份。台灣島的造山也是如此，海岸山脈的擠壓作用，除了讓中央山脈增高之外，也會造成西部海岸平原地區逐漸的被擠壓而隆起，變成未來山脈的一部份。當新的地塊被隆起的同時，在它的前緣就會誕生一條斷層，也可以說山脈的變寬是藉由前方產生新的斷層，將地塊一塊一塊的捲入形成山脈。所以山脈愈前緣的斷層是愈年輕，如此推想就可以了解台灣島愈西側的斷層也就愈年輕，也都屬於活動斷層。

台灣島四百年來的開發主要都位在西部平原區，而現今也都已發展至麓山帶地區；這兩個區域也就位於台灣島最年輕的造山區域，所以存在許多的活動斷層。當這些斷層活動的同時也引發許多大大小小的地震，而大地震發生同時就會伴隨著大規模的地表變形與破裂，1999年921集集地震就是台灣島展現造山運動最佳的例證。

現今，台灣人口密度約 650 人/平方公里，為全球第二高密度國家，且百年以來所發生的大地震共有 7 次(規模大於 7)，以此可以了解台灣是世界上地震最活躍的地區之一，也因而被評估屬於地震災害的極危險區域。近年來台灣經濟急速發展，大規模開發土地，迫使居住空間逐漸擴及活動斷層的沿線。因此活動斷層調查、斷層活動性研究以及地震災害研究等工作更是迫在眉睫。雖然目前針對地震的發生時間、地點與規模都無法做準確的預測。但是近三十年來地質學家

都希望能經由槽溝的挖掘研究來尋找古地震證據，藉由古代地震發生的年代、斷層移動量的大小等等的特性，進一步來推演未來發生大地震的時間與地震規模，或推估大地震發生機率。因此，古地震研究是許多地震預測研究中最重要及最直接的方法。

二、台灣活動斷層的分布

過去百年來台灣島就發生數次大地震並造成地表的破裂，計有 1906 年嘉義大地震(梅山斷層)、1935 年中部大地震(屯子腳斷層、獅潭斷層與神卓山斷層)，1946 年新化地震(新化斷層)，1951 年花東大地震(米崙斷層、玉里斷層與池上斷層)，以及 1999 年集集地震(石岡斷層、車籠埔斷層與大尖山斷層)。從這五次重大地震發生的地點來看，可以發現主要分布在西部麓山帶以及花東縱谷兩個區域。西部麓山帶的地質構造就如前一節所敘述，屬於新生的山脈所以斷層都比較年輕，因此大都屬於活動斷層。花東縱谷是菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的碰撞帶，之間的接觸就是以一條板塊邊界斷層為界，這條斷層就稱為花東縱谷斷層。現今兩個板塊還在擠壓，每年花東縱谷還持續的被壓縮 2-3.5 公分，所以花東縱谷斷層是屬於活動性非常高的斷層，上次的大地震就發生在 1951 年。中央山脈區域看似沒有活動斷層，主要是尚沒有資料還無法判斷斷層的活動性。

三、古地震研究

地震學家研究地震已有百年以上的歷史，但是在進入科技先進的 21 世紀之時。現今科學家對於自然界許多的現象其實還無法了解，地震就是其中之一。地質學家雖然極力的研究地震想要了解發生地震的原因，但相信人類在未來 50 年之內，還是無法準確的預測地震。早期的地質學家想盡辦法想從地震波中來揭開地震之謎，但至目前為止還是徒勞無功。近十幾年來則轉向研究古地震。嘗試從過去的地震歷史記錄與斷層帶的挖掘研究，了解斷層活動的時間與位移量，來推算長期以來地震發生的時間是否有規律性，若具有規律性就以此推算下一次發生大地震的時間。雖然古地震的研究也並非能準確預測地震發生的時間、地點與地震規模；但是可以作為地震的預警；提供國家在執行重大建設之前有預期的規劃。

921 地震之後，台灣的地質學者全力的投入集集地震的研究以及斷層的古地震研究。至今已屆滿六年，雖然陸續有許多的研究報告，對於集集地震也稍有了了解，但是針對地震預測還有一條非常漫長的路途。以下就針對目前所收集的資料來了解已經有研究活動斷層的活動性，作簡單的敘述。

(一)車籠埔斷層(圖 1)

目前研究結果大致可以解析出 5 次的古地震事件(不含 921 集集地震)，發

生的年代為西元 1999 年、西元 1650-1520 年、西元 1270-1160 年、西元 1060-1030 年、西元 570-400 年、西元 240-50 年 (Chen et al., 2001a, b, 2004, 2005)。從上述的研究來看，車籠埔斷層每一次的地表破裂的隆起高度約 1-2.5 公尺之間，這個高度變化大致與 921 集集地震時產生的隆起高度相當，所以從這些古地震的資料分析，之前的古地震規模可能都在 7.0 以上。另外，由 N-3 古地震至 921 地震的地震時間間距來看，每次地震相距時間約 300-400 年。另外可以由古地震的特性可以推演下次發生大地震的可能發生時間約在西元 2340±90 年。

(二)新城斷層 (圖 2)

從槽溝剖面以及野外剖面來看，新城斷層都已截切至紅土階地的地表以及未紅土化階地，而最近一次的地震發生約於 300 以內 (碳 14 定年)，比對台灣歷史地震紀錄，此期間在桃竹苗地區發生的大地震共有三次，分別為西元 1811 年、西元 1815 年與西元 1881 年，這些地震的受震範圍均可以遠至福建及台灣南部)並於桃竹苗地區造成重大傷亡。若以受震範圍評估地震規模，西元 1811 年與西元 1815 年地震可能都屬於規模 7 以上的大地震 (蔡義本, 1978; 徐明同, 1983; 鄭世楠與葉永田, 1989); 而新竹地區於西元 1871 年撰寫淡水廳志，假若西元 1881 年是造成地表破裂的大地震，應有傷亡與建築物破壞的詳細記載。因此，可以排除西元 1881 年地震，而西元 1811 年與西元 1815 年兩者之一可能與新城斷層最近一次的活動有關 (陳文山等人, 2003b)。

新城斷層的長期活動性或週期尚未有足夠的資料，但以目前資料可評估最近一次地震活動造成的地表抬升量，約為 1.3-1.85 公尺之間。此種規模的地表變形量可以比擬於集集地震的地表變動，因此新城斷層上次活動的地震規模可能大於 7.0。

(三)九芎坑斷層 (圖 3)

九芎坑斷層是由卓蘭層逆衝至六雙層、紅土礫石層及階地礫石層之上。從斷層傾角以及與觸口斷層的關係來看，九芎坑斷層可能是觸口斷層斷坡向前(向西)的分枝斷層。從斷層截切近代階地沉積層以及晚更新世沉積層 (碳 14 定年約 47,100±1,750BP) 的關係，顯示九芎坑斷層應屬於第一類的活動斷層 (陳文山等人, 2003a)。

(四)新化斷層 (圖 4)

本研究共發現三次的古地震紀錄，最早一次形成時間約在西元前 7500-6600 年，第二次發生時間約為西元前 20-360 年。第三次就是西元 1946 年，斷層結構來看屬於右向平移斷層，且斷層已經切穿至地表 (陳文山等人, 2004b)。從淺層震測剖面以及野外調查，顯示新化斷層帶是由數條正斷層構成寬約數百公尺的變形帶，表示長期以來新化斷層帶是呈現拉張的構造環境 (石瑞銓, 2003; 黃勝群,

2004)。因此，目前針對新化斷層的古地震研究僅有一處槽溝，所呈現的古地震事件是不足以代表全新世以來完整的古地震時序，因為每次事件產生的地表斷裂位置極可能不在同一斷層，以此而言每處槽溝的研究結果都無法呈現完整的古地震層序。

(五)花東縱谷斷層（圖 5、6）

由槽溝地層與構造特徵分析，古地震事件計有兩次，而斷層兩側地層高差約為 2.5 公尺。第一次古地震事件為西元 1951 年 11 月花東地震所造成的地表破裂，地表隆起高度為 0.75 公尺。第二與第三次的地震時間都相當年輕，發生在西元 1600 年以來，地表隆起高度為 1.75 公尺，預測其地震規模在 7.0 以上（陳文山等人，2004a）。大約四百年以來，花東縱谷斷層（中段地區）共發生了三次大地震，可以想見大地震的時距約為百年左右，其週期非常的短。所以花東縱谷斷層是我們急迫更進一步須進行評估的斷層。

四、結語

從現今台灣活動斷層的古地震研究結果，與其他國家所調查的活動斷層週期相比較，似乎台灣活動斷層的地震再現週期（或再現率）都非常短，目前日本的活動斷層研究，其最短的再現週期大約在 700-1000 年之間。但以台灣目前的初步研究而言，再現週期較為清楚的斷層為車籠埔斷層，兩千年以來計有 6 次，再現週期約 300-400 年；瑞穗地區的花東縱谷斷層在近 400 年以來至少發生三次大地震。為何台灣的活動斷層的再現週期較短（再現率較高）？雖然有待更進一步研究，但可能與快速的板塊擠壓活動有密切的關係。

參考文獻

- 石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山（2003）：活動斷層地球物理探勘計畫九十一年度報告(1/5)：經濟部地質調查所，165 頁。
- 徐明同（1983）：明清時代破壞性大地震規模之震度評估，中央氣象局氣象學報，第 29 卷，第 4 期，1-18 頁。
- 黃勝群（2004）：新化斷層剪切帶之淺部地下構造特徵。國立中正大學地震研究所碩士論文，91 頁。
- 陳文山、楊志成、石瑞銓、楊小青、顏一勤、陳于高、張徽正、林啟文、林偉雄、李元希、石同生、盧詩丁（2003a）：九芎坑斷層的斷層特性與活動性研究。經濟部中央地質調查所特刊，14 期，113-128 頁。
- 陳文山、劉力豪、顏一勤、楊小青、李龍昇、游能悌、張徽正、石瑞銓、陳于高、林啟文、李元希、林偉雄、石同生、盧詩丁（2003b）：新城斷層的古地震研

- 究。經濟部中央地質調查所特刊，14期，11-24頁。
- 陳文山、顏一勤、楊志成、楊小青、陳勇全、蔡坤志、朱耀國、黃能偉、張徽正、林啟文、林偉雄、劉彥求 (2004a)：1951年花蓮地震斷層的古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊，15期，137-145頁。
- 陳文山、李錫堤、石瑞銓、楊小青、楊志成、顏一勤、劉力豪、張徽正、侯進雄 (2004b)：新化斷層的構造特性與古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊，15期，111-119頁。
- 蔡義本 (1978)：二十世紀以前台灣西部強烈地震之回顧，科學月刊，第9卷，第11期，31-35頁。
- 鄭世楠、葉永田 (1989)：西元1604年至1988年台灣地震目錄，中央研究院地球科學所，255頁。
- Chen, W.S., Chen, Y.G., and Cheng, H.C. (2001a)：Paleoseismic study of the Chelungpu fault in the Mingjian area: *Western Pacific Earth Sciences*, 1, 3, 351-358.
- Chen, W.S., Chen, Y.G., and Chang, H.C., Lee, Y.H., and Lee, C.C. (2001b)：Paleoseismic study of the Chelungpu fault in the Wanfung area: *Western Pacific Earth Sciences*, 1, 4, 43-72.
- Chen, W.S., K.J., Lee, L.S., Lee, Daniel. J. Ponti, C., Prentice, Y.G., Chen, H.C., Chang, and Y.H. Lee (2004)：Slip Rate and Recurrence Interval of the Chelungpu Fault During the Past 1900 Years: *Quaternary International*, 115-116, 167-176.
- Chen, W.S., Lee, K.J., Lee, L.S., Streig, A.R., Chang, H.C., Lin, C.W. (2005)：Significant sedimentation of coseismic fault-propagation growth-fold in the Chichi earthquake rupture, central Taiwan, accepted to *Journal of Asian Earth Sciences*.



圖 1. 車籠埔斷層位在竹山鎮的槽溝，左方礫石層與右方呈垂直的砂層之間有一明顯的接觸面就是車籠埔斷層，921 地震時斷層就是沿著此面產生活動。可以從斷層面延伸到地表處，在左方形成高約 1.7 公尺的隆起。



圖 2. 通過新竹科學園區的新城斷層，右方為二百萬年前古老的岩層沿著新城斷層逆衝在左方六萬年的砂層上面。



圖 5. 花東縱谷斷層造成砂礫層形成扭曲褶皺。

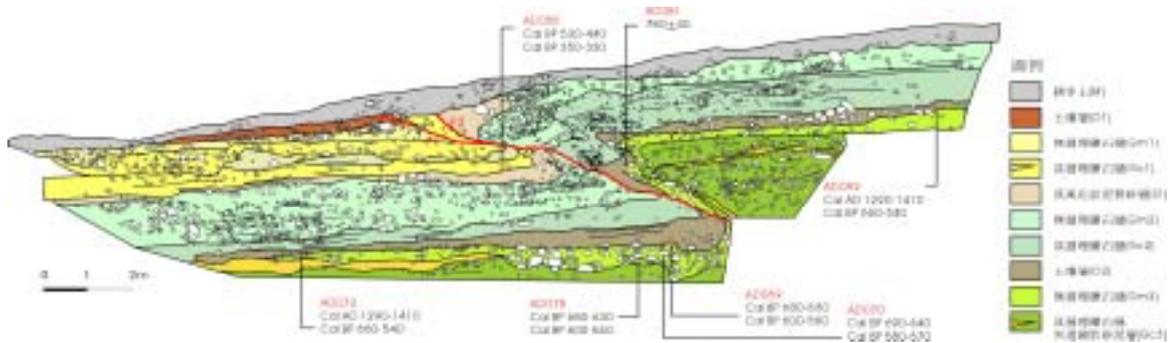


圖 6. 圖五的槽溝描繪圖，可以明顯看見斷層（紅線）兩側的沉積層產生褶皺，並且形成上下的錯移，位在左方（上盤）的沉積層高出右方（下盤）同一沉積層約 2.5 公尺。